



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH PODAVAČE PRO ORIENTACI DÍLCŮ**

DESIGN OF FEEDER FOR ORIENTATION OF PARTS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Jan Balek

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

**BRNO 2019**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Jan Balek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Pavlík, Ph.D.**  
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh podavače pro orientaci dílců

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte a konstrukčně zpracujte řešení podavače, který bude zajišťovat transport a zorientování dopravovaných součástí. Dopravovanou součástí je plastová nálevka. Geometrie a hmotnost součásti jsou dána vzorkem (student obdrží vzorek). Materiál součásti je PVC.

### Cíle bakalářské práce:

Rozbor současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.  
Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.  
Návrh variant řešení a zdůvodnění výběru konkrétního řešení.  
Konstrukční návrh zvolené varianty – 3D model.  
Výpočtová zpráva.  
Výkresová dokumentace vybraných uzlů.  
Vlastní závěry a doporučení pro praxi.

### Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. Konstruování strojních součástí. 1. Brno: Naladatelství VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

POLÁK, Jaromír. Dopravní a manipulační zařízení II. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je konstrukčně navrhnout zařízení, které bude orientovat a podávat zadané součásti. První část práce je zaměřena na systémovou rešerši současného stavu této problematiky. Následuje návrh vhodných variant řešení pro konkrétní zadání, dále výběr konkrétního řešení a konstrukční návrh vybrané varianty. Závěr práce je věnován výpočtové zprávě a vizualizaci zvoleného konstrukčního řešení.

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is the design of feeder for orientation of parts. The first part of this thesis is focused on system recherche of the current state at this problematics. The next part is aimed to suggestion of possible solution of the assignment, followed by a selection of a particular solution and a design of the selected variant. The end of this thesis is devoted to the computational documentation and visualization of selected design solution.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Doprava součástí, dopravní dráha, vibrační podavač, vibrační pohon, deskový dopravník

## **KEYWORDS**

Transportation of parts, transport track, vibratory feeder, vibratory drive unit, step feeder



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

BALEK, Jan. *Návrh podavače pro orientaci dílců*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. Vedoucí práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji Ing. Janu Pavlíkovi, Ph.D. za ochotu, čas a cenné připomínky při konzultacích této bakalářské práce.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Pavlíka Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 7.5. 2019

.....

Jan Balek



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY .....</b>	<b>17</b>
2.1	Vibrační dopravníky .....	17
2.1.1	Lineární dopravníky .....	18
2.1.2	Kruhové podavače .....	19
2.1.3	Elektromagnetické vibrační pohony .....	21
2.2	Podavače s kobercovým povrchem .....	22
2.3	Deskové dopravníky .....	23
2.4	Odstředivé podavače .....	24
<b>3</b>	<b>NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ.....</b>	<b>25</b>
3.1	Koncepční návrh 1 .....	25
3.2	Koncepční návrh 2 .....	25
3.3	Koncepční návrh 3 .....	26
3.4	Zhodnocení variant řešení.....	27
3.5	Výběr nejvhodnější varianty .....	27
<b>4</b>	<b>KONSTRUKCE VYBRANÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>29</b>
4.1	Hlavní konstrukční prvky .....	30
4.2	Konstrukce deskového dopravníku.....	30
4.2.1	Rám a základová deska.....	31
4.2.2	Dopravní desky.....	32
4.2.3	Lineární vedení .....	33
4.2.4	Klikový mechanismus .....	33
4.2.5	Šneková převodovka.....	34
4.2.6	Elektromotor .....	34
4.3	Konstrukce vibračního podavače.....	35
4.3.1	Držák nosného sloupu .....	35
4.3.2	Dopravní dráha .....	36
4.3.3	Separace dopravovaných součástí .....	36
4.3.4	Osamostatnění dopravovaných součástí .....	37
4.3.5	Držák senzoru .....	37
4.3.6	Světelné závory.....	38
4.3.7	Vibrační zdroj .....	38
<b>5</b>	<b>VÝPOČTOVÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>39</b>
5.1	Výpočet otáček elektromotoru.....	39
5.2	Výpočet sil v klikovém mechanismu.....	40
5.3	Výpočet výkonu elektromotoru .....	43
5.4	Výpočet životnosti ojnicního ložiska.....	43
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>49</b>
8.1	Seznam tabulek .....	49
8.2	Seznam obrázků.....	49
8.3	Seznam symbolů .....	51
<b>9</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>53</b>

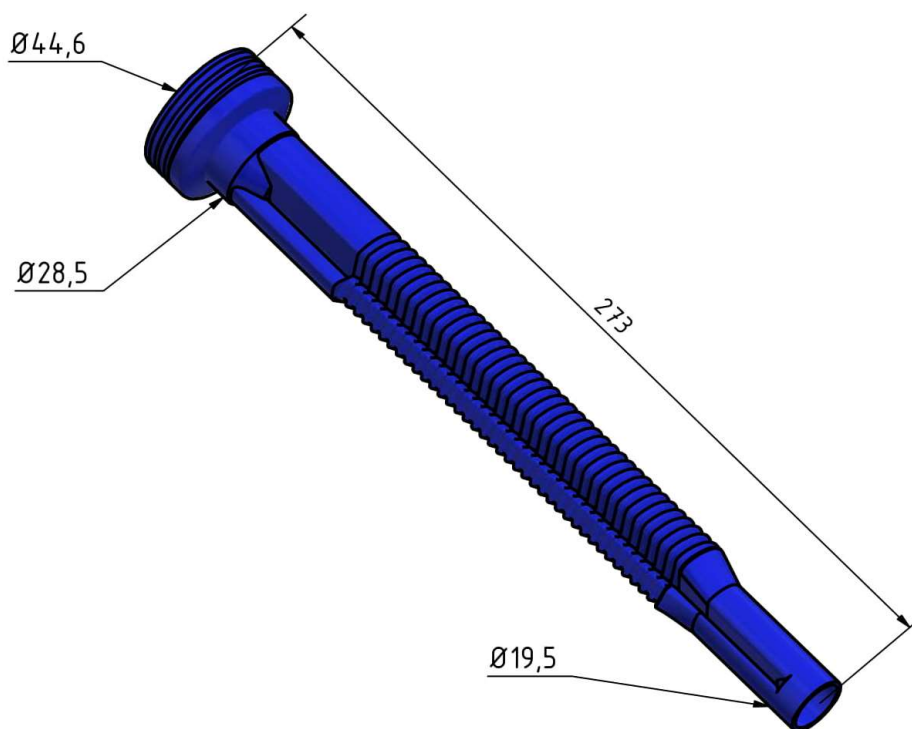


# 1 ÚVOD

V průmyslové výrobě stále více uplatňuje automatizace výroby za účelem nahrazení nebezpečné, náročné nebo jednotvárné práce člověka prací strojů. Mezi jednu z oblastí, kterou lze snadno automatizovat, je doprava součástí, jejich třídění, polohování atd. Orientací a podáváním součástí pomocí strojních zařízení lze ušetřit pracovníka před nudnou a jednotvárnou prací a využít jeho schopnost a zručnost ke kreativnější a pestřejší práci.

Cílem této bakalářské práce je zanalyzovat současný stav a navrhnout zařízení, které bude orientovat a podávat zadanou součást pro další proces výroby. První část práce je zaměřena na shrnutí a popis současných možností orientování a dopravy součástí, které by mohly být řešením pro danou problematiku. Dále následuje výběr nejvhodnějšího řešení a konstrukční provedení zařízení.

Podávanou součástí je nálevka ke kanystrům na pohonné hmoty (Obr. 1). Nálevka je vyrobena z polyetylenu a její hmotnost je 21 g. Požadovaná poloha nálevky pro montáž těsnění je svisle a hrdlem nahoru.



Obr. 1) Dopravovaná součást



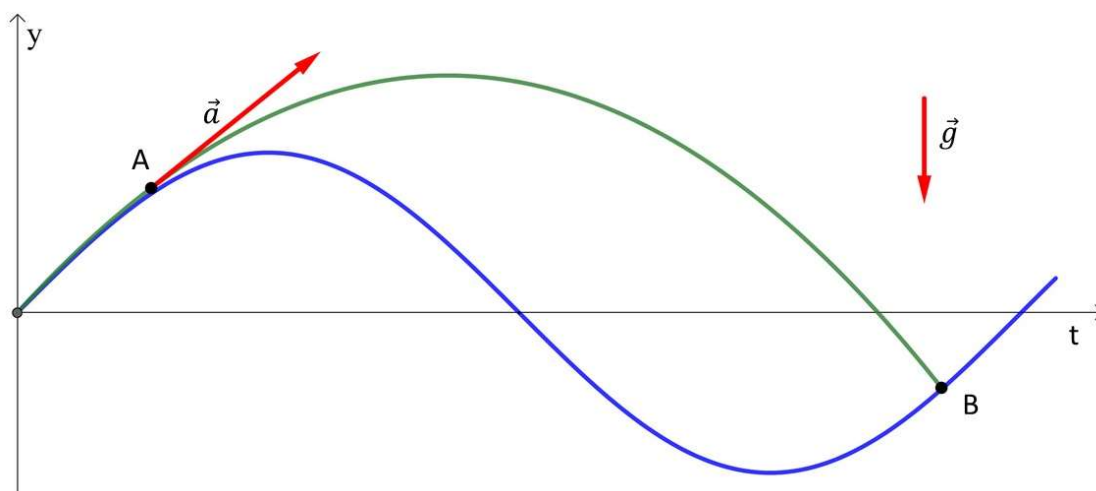


## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

Volba správného zařízení pro orientaci a dopravu součástí závisí především na charakteru součástí, podávacím výkonu a na velikosti využitelného zástavbového prostoru. V následujícím přehledu jsou popsány vybrané možnosti, které by mohli být řešením pro zadaný typ součástí.

### 2.1 Vibrační dopravníky

Tento typ dopravy představuje jednu z možností, kterou můžeme v průmyslových odvětvích využít pro dopravu součástí spíše menších rozměrů a hmotností. Tyto dopravníky je rovněž vhodné aplikovat pro manipulaci se sypkými a práškovými materiály na krátkou vzdálenost a také je vhodné jejich nasazení při přepravě materiálů abrazivních, chemicky agresivních, horkých a prašných. Proces dopravy materiálu mikrovřhem se často spojuje s dalšími technologickými procesy např. sušení, ochlazování, promíchávání u sypkých materiálů, u kusových součástí se aplikuje nejčastěji třídění a orientování.[1]



Obr. 2) Graf kmitání žlabu[1]

Základní princip funkce vibračního dopravníku spočívá v generování sil patřičně orientovaných a periodicky se opakujících, které působí na přepravovaný materiál a uvádějí ho do pohybu požadovaným směrem a rychlostí. Tyto harmonicky buzené síly se na přepravovanou součást přenášejí z dopravní dráhy, která je pevně spojena se zdrojem vibrací tzv. vibračním pohonem. Dopravní žlab uvádí materiál do pohybu směrem šikmo nahoru po krátké, lidským okem téměř nerozpoznatelné dráze a v určitém bodě pohybu dojde k oddělení dopravovaného materiálu od žlabu (Obr. 2 bod A) a součást se pohybuje po dráze šikmého vrhu. Zatímco součást není v kontaktu se žlabem, vibrační pohon vrací dopravní žlab zpět do původní polohy. Součást tedy dopadne na dopravní dráhu (bod B) o malou vzdálenost dále, která je v řádech zlomků až jednotek milimetru. Pro zajištění uspokojivé rychlosti dopravy materiálu se tento cyklus opakuje s běžnou frekvencí v řádech desítek hertzů.

### 2.1.1 Lineární dopravníky

Vibrační dopravníky s přímočarou drahou posunu součástí bývají připojovány ke kruhovým zásobníkům nebo deskovým dopravníkům, kde zajišťují odvod již zorientovaných dílů směrem k dalšímu pracovišti např. robotická ruka, montážní linka apod. Mohou být rovněž použity pro orientaci součástí při použití více dráhové konstrukce, která se používá nejčastěji pro polohování drobných součástí. Další činností lineárních dopravníků je případná separace špatně zorientovaných součástí z dopravního systému, tyto součásti se vrací zpět do předzásobníku.[2]



Obr. 3) Lineární vibrační dopravník[3]

Dopravník se skládá z dopravní dráhy, která je namontována na vibrační pohon a ten je umístěn na nosné konstrukci. Častým vybavením bývá optický snímač, pomocí kterého je možné zjistit počet transportovaných součástí, správnost polohy součásti nebo při využití dopravníku jako akumulčního může snímač řídit zastavení a spuštění celého systému v závislosti na zaplněnosti dopravní dráhy lineárního dopravníku.

#### Dopravní dráha

Při návrhu dopravních žlabů je obecnou snahou konstruovat dopravní dráhu co nejkratší a nejlehčí při dostatečné tuhosti, která zajistí efektivní přenos vibračních sil z pohonu na dopravovaný materiál. Dopravní žlaby jsou často vyráběny z profilů z hliníkových slitin nebo z konstrukčních a nerezových ocelí. V závislosti na vlastnostech dopravované součásti lze volit povrchovou úpravu dopravního žlabu.[4]

### 2.1.2 Kruhové podavače

Vibrační kruhové zásobníky jsou zařízení, které slouží k přesnému podávání a orientování dílů do jednotné polohy nebo k dopravě a dávkování drobných dílů nebo partikulárního materiálu. Nabízí také možnost snadného ovládání a plynulou regulaci rychlosti podávání v celém pracovním rozsahu a okamžité spuštění nebo vypnutí.[5]



Obr. 4) Kruhový vibrační dopravník[6]

Kruhový podavač se skládá ze zásobníku se spirálovitou dráhou, zásobník je namontován na zdroj vibrací, který je ukotven na tuhé nosné konstrukci. Běžnou součástí kruhových podavačů je předzásobník, který zajišťuje dávkování dílů do zásobníků a jeho spuštění bývá řízeno mechanickým nebo optickým snímačem hladiny v zásobníku.

#### Kruhový zásobník

Součásti jsou orientovány na spirálovité dráze, na které může být umístěna celá řada orientačních prvků. Špatně zorientované kusy spadnou o jednu spirálu níže nebo až na dno a projíždějí dráhu znovu. Kruhové vibrační zásobníky mohou za chodu vykazovat poměrně vysokou úroveň hluku, z toho důvodu je možné použít odhlučňovací kryty nebo v závislosti na charakteru dopravovaných součástí lze volit z široké škály povrchových úprav např. polyuretanový nástřík, polyuretanová textilie atd.[7]



Obr. 5) Typy kruhových zásobníků[7]

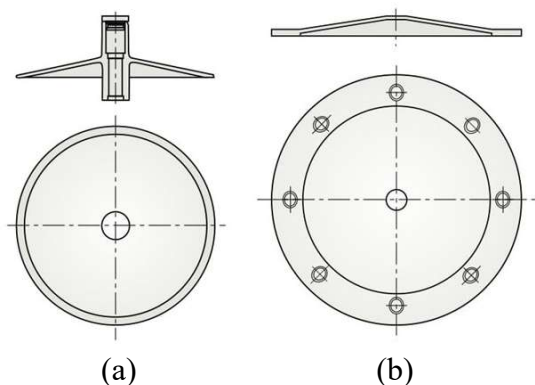
**a, válcový zásobník:** ideální pro plynulé podávání dílců malých rozměrů

**b, kónický zásobník:** nabízí větší kapacitu a zvětšující se poloměr dráhy napomáhá separaci součástí

**c, stupňovitý zásobník:** nabízí širší spirálovitou dráhu, je vyráběn odléváním ze slitin hliníku

**d, polyamidový zásobník:** nabízí více možností tvaru dráhy a snižuje hlučnost za provozu, vyrábí se jako kónický nebo stupňovitý

Některé kruhové zásobníky vyžadují použití středových krytů, které se používají ve dvou provedení dle Obr. 6. Kuželovitý tvar napomáhá rozhrnování podávaných součástí ke stěně zásobníku, kde mohou být závity zásobníku nabírány. Otočný středový kryt (a) je umístěn na čepu a snižuje vibrace součástí na dně zásobníku. Rovněž přispívá ke snížení hluku za chodu. Pevný středový kryt (b) brání vniknutí nečistot do pohonné jednotky, a protože je pevně uchycen vylučuje možnost zachycení součástí v mezeře mezi zásobníkem.[7]

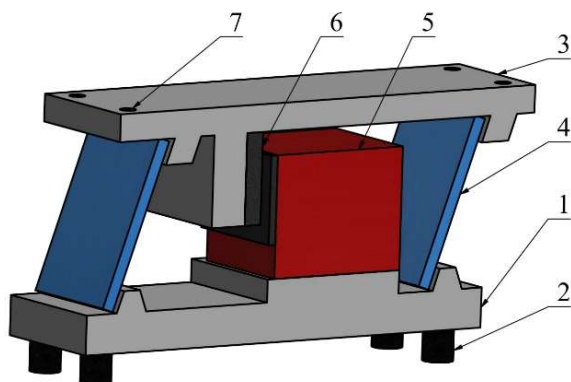


Obr. 6) Středové kryty kruhových zásobníků[7]

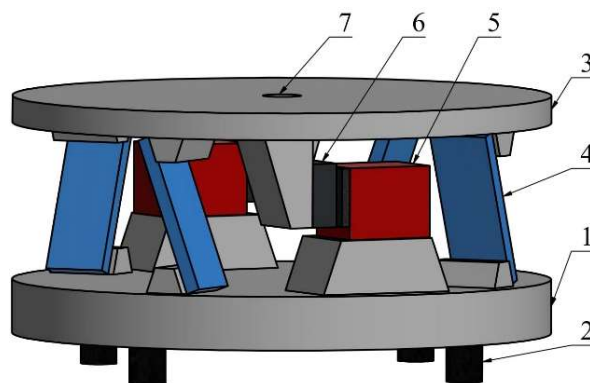
### 2.1.3 Elektromagnetické vibrační pohony

Nejpoužívanějším zdrojem vibračních dopravníků v oblasti automatizační techniky jsou pohony, ve kterých vzniká kmitavý pohyb pomocí elektromagnetu. Tyto vibrační jednotky jsou konstrukčně jednoduché, bez převodů nebo rotujících součástí, a díky tomu vynikají svou spolehlivostí, téměř bezúdržbovým provozem, vysokou účinností a možností snadné regulace a ovládání i za provozu.

Hlavní části, ze kterých se vibrační pohon skládá jsou vyobrazeny schematicky (Obr.7, Obr.8). Základna (1) tvoří nosnou konstrukci zdroje vibrací, která musí být patřičně tuhá a hmotná a je ukotvena na rámu stroje pomocí pryžových bloků (2). Tyto elastické elementy pracují jako tlumiče a především zabráňují přenosu kmitání do nosného rámu stroje a tím i do podlahy. V horní montážní desce (3) jsou zhotoveny závity pro šrouby (7), které slouží u lineárních podavačů pro připevnění dopravního žlabu, u kruhových podavačů se zásobník připevňuje centrálním šroubem nebo několika šrouby po obvodu. Listové pružiny (4) slouží pro přenos pulzující síly na dopravní žlab nebo zásobník. Zdrojem kmitání je elektromagnet (5), který působí silou na kotvu elektromagnetu (6), tím se elektromagnetické vibrace přeměňují na vibrace mechanické.[8, 9]



Obr. 7) Lineární vibrační zdroj



Obr. 8) Kruhový elektromagnetický zdroj

Vibrační pohony se regulují a ovládají pomocí přídavné řídicí jednotky, kterou lze měnit frekvenci napětí a tím i rychlost podávání součástí. Díky programovatelné řídicí jednotce je možné přijímat data z čidel umístěných v systému a na základě těchto dat celý systém ovládat. Maximální rychlost podávání dílů u vibračních podavačů se pohybuje v okolí 18 m/min v závislosti na charakteru součástí. Používané frekvence u vibračních pohonů se pohybují v rozsahu 10–120 Hz.[10, 11]



## 2.2 Podavače s kobercovým povrchem

Tento typ podavače je v podstatě stejný jako lineární vibrační podavač, ale díky použití speciálního povrchu nabízí mnohem více možností. Koberec, kterým je dopravní dráha pokryta, je tvořen vlákny, která jsou skloněná vůči svislé ose (Obr. 9). Takto skloněná vlákna uvádějí součásti do pohybu směrem, ve kterém jsou skloněna, i když směr vibrací je odlišný. Díky tomuto povrchu lze tok dílců vést různými směry při použití jednoho zdroje vibrací.[11]



Obr. 9) Povrch dopravní dráhy[11]

Díky možnosti změny směru pohybu je možné vytvořit dráhu ve které budou dílce cirkulovat a správně zorientované součásti mohou výstupem dráhu opustit (Obr. 10). Nesprávně zorientované kusy absolvují okruh znovu. Pro zajištění optimálního počtu kusů na dráze se používají řízeně spouštěné předzásobníky podobně jako u kruhových zásobníků.



Obr. 10) Podavač součástí[12]

### Přednosti:

- vedení součástí různými směry
- šetrná doprava součástí
- možnost dopravy velkých a těžkých komponent
- ideální pro podávání součástí, u kterých se povrch nesmí poškodit
- nízká úroveň hluku

## 2.3 Deskové dopravníky

Deskové dopravníky se používají pro dopravu a částečné nebo úplné zorientování součástí. Rovněž mohou být použity jako předzásobníky, které zajišťují rovnoměrný přísun dílů na další operaci a jsou také vhodné pro kusové vynášení dlouhých dílů. Jeden deskový dopravník lze využít pro dopravu různých součástí podobných rozměrů a tvarů. Pohon dopravníku je nejčastěji elektromotorem nebo pneumatickým motorem. [13]



Obr. 11) Deskový dopravník[14]

Hlavní dopravní část tvoří pohyblivé desky, které vykonávají přímočarý vratný pohyb a vynášejí dopravované díly vždy o jeden schod výše až k výstupnímu žlabu. Konstrukčně mohou být deskové dopravníky jednočinné a dvojčinné. Jednočinné jsou tvořeny z jedné poloviny pohyblivými deskami, které předávají díly na pevné desky a po jednom schodu je postupně vynášejí. U dvojčinného jsou všechny desky pohyblivé a když jedna deska vynáší díly vzhůru do své horní polohy, sousední deska se zároveň vrací zpět a převezme díl ve své dolní poloze, následně se směr pohybu desek obrací a celý cyklus se opakuje. Při použití elektromotoru, který nahání šnekovou převodovku, je přímočarý vratný pohyb dopravních desek realizován klikovým nebo kulisovým mechanismem.

### Přednosti:

- tichý chod bez vibrací
- vysoká spolehlivost orientování
- malý zástavbový prostor
- vhodné pro orientování dlouhých dílů

## 2.4 Odstředivé podavače

Tento typ podavačů je určen k zajištění orientování, třídění a podávání součástí. Odstředivý podavač bývá používán tam, kde je nutné zajistit vysoký podávací výkon, který u tohoto podavače dosahuje 20-3000 ks/min. Typické využití nalézá ve farmaceutickém průmyslu k podávání menších lahví a nádobek, uzávěrů, těsnění atd. Dále bývá aplikován v potravinářském průmyslu při balení potravin a lahví s nápoji. Odstředivý podavač zajišťuje plynulý, tichý a šetrný chod, který minimalizuje riziko poškození součástí.[15, 16]



Obr. 12) Odstředivý podavač[16]

Součásti jsou unášeny mechanicky pomocí rotujícího středového disku, jehož osa rotace bývá skloněna pod úhlem vůči vertikální ose. Působením sil při rotaci nebo tvarovými prvky jsou součásti rozhrnovány ke stěnám, kde příčně zorientované součásti mohou být vedeny dál po dráze. Součásti v nesprávné poloze zůstávají na rotujícím disku dokud nenabudou příčné polohy.

### Přednosti:

- velký podávací výkon
- tichý a šetrný chod
- vhodný k orientování a třídění součástí složitých tvarů
- možné použití jednoho zařízení na více druhů součástí podobného tvaru



## 3 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ

V této kapitole je cílem výběr vhodných variant řešení zadané problematiky, popis jejich vlastností a následné zhodnocení. Následuje výběr podstatných kritérií a vlastností, pomocí kterých budou možné varianty řešení ohodnoceny. Nejvhodnější řešení bude následně konstrukčně zpracováno.

### 3.1 Koncepční návrh 1

První návrh řešení se skládá z kruhového vibračního podavače, z jehož výstupu by součásti vstupovaly na lineární vibrační podavač. V kruhovém podavači na spirálovité dráze zásobníku by bylo zajištěno zorientování kusů po délce do jedné řady. Následně pomocí lineárního podavače by nálevky byly sklápěny do vertikální polohy a dopravovány směrem k další operaci.

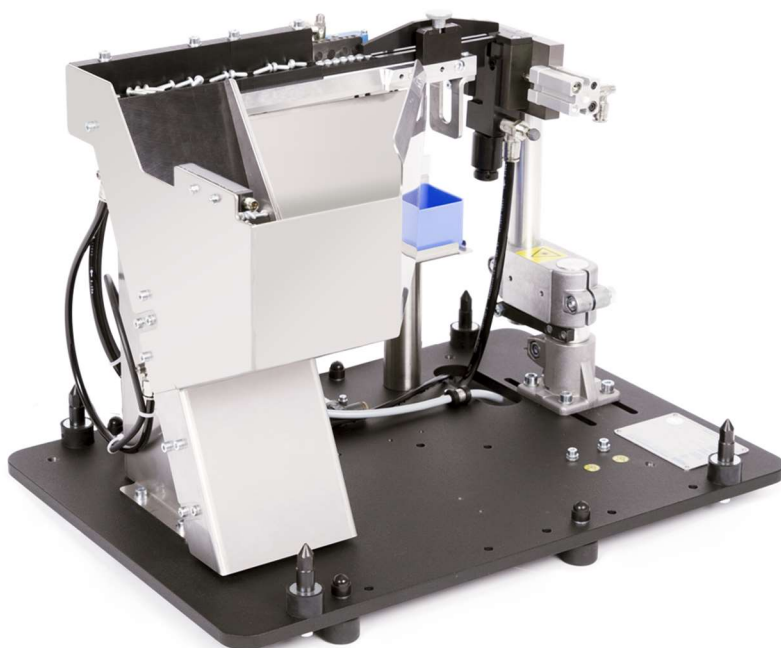
Předností tohoto řešení je spolehlivý a bezúdržbový provoz vzhledem k tomu, že zde nejsou žádné pohyblivé konstrukční součásti. Nevýhodou tohoto řešení je nízký podávací výkon a složitá konstrukce kruhového zásobníku.



Obr. 13) Kruhový a lineární podavač[17]

### 3.2 Koncepční návrh 2

Další návrh zařízení pro podávání daných součástí je složen z deskového dopravníku a lineárního vibračního podavače. Deskový dopravník zajistí zorientování nálevek po délce a v této poloze by je předával na lineární podavač, kde by bylo třeba zajistit sklopení nálevek a případnou separaci špatně zorientovaných kusů. Toto řešení by zajišťovalo dobrý podávací výkon, ale nevýhodou je vysoký počet konstrukčních součástí a s tím související časově náročnější výroba a montáž.

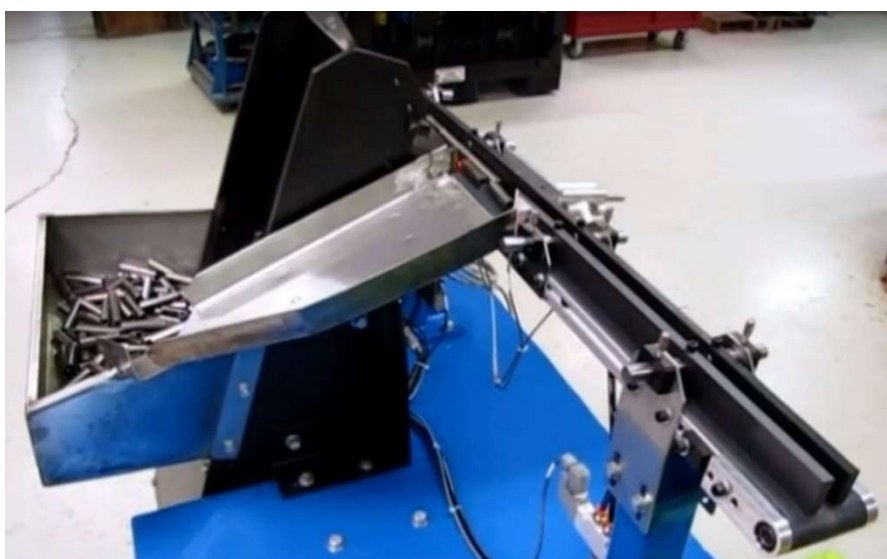


Obr. 14) Deskový dopravník s lineárním podavačem[18]

### 3.3 Koncepční návrh 3

Třetí návrh zařízení je složen z deskového dopravníku, pásového dopravníku a lineárního vibračního podavače. Zorientované kusy v podélném směru by byly dopravovány na pásový dopravník, na kterém by docházelo k osamostatnění nálevky a následně by součásti byly předávány na lineární vibrační podavač, kde by se při předávce sklápěly.

Tento návrh by vykazoval velmi vysoký podávací výkon, protože nálevky v horizontální poloze by byly přepravovány pásovým dopravníkem, který může pracovat s mnohem vyšší rychlostí a vibrační dopravník by přepravoval už sklopené nálevky. Zároveň je toto řešení ještě složitější než předchozí návrh.



Obr. 15) Deskový dopravník s pásovým dopravníkem[19]

### 3.4 Zhodnocení variant řešení

Při výběru nejvhodnějšího návrhu řešení byla nejvíce ohodnocena ta kritéria, která mohou ovlivňovat plynulost chodu následujících zařízení nebo pracovišť. Stupnice hodnocení je 0-10, kde 10 znamená nejlepší hodnocení.

Tab. 1) Zhodnocení kritérií

Kritérium	Váha hodnocení	Návrh 1	Návrh 2	Návrh 3
Kusová výkonost	10	4	8	10
Spolehlivost	7	9	7	5
Údržba	5	10	8	7
Jednoduchost konstrukce	5	6	7	5
Zástavbový prostor	4	7	9	8
Vyhodnocení		211	240	227

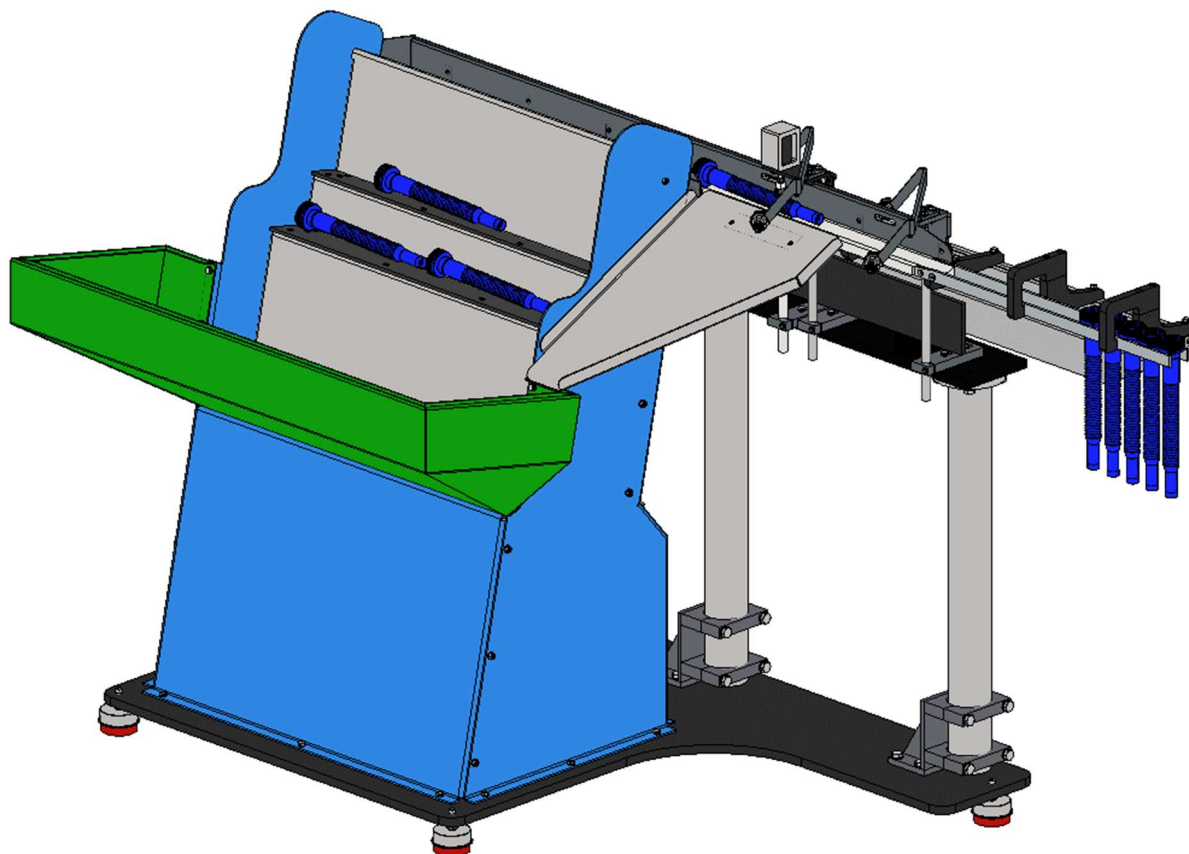
### 3.5 Výběr nejvhodnější varianty

Po vyhodnocení kritérií získává nejvyšší hodnocení Návrh 2, ale jako možné řešení lze uvažovat i Návrh 3, který má podobné hodnocení. Jako nejlepší řešení byl vybrán Návrh 2, vzhledem k tomu, že kusovou výkonnost, která je dostatečná pro následující operaci, lze zajistit. Tato varianta je také konstrukčně jednodušší a jsou tedy předpokládány i nižší celkové náklady na výrobu. V další části práce bude Návrh 2 konstrukčně zpracován.

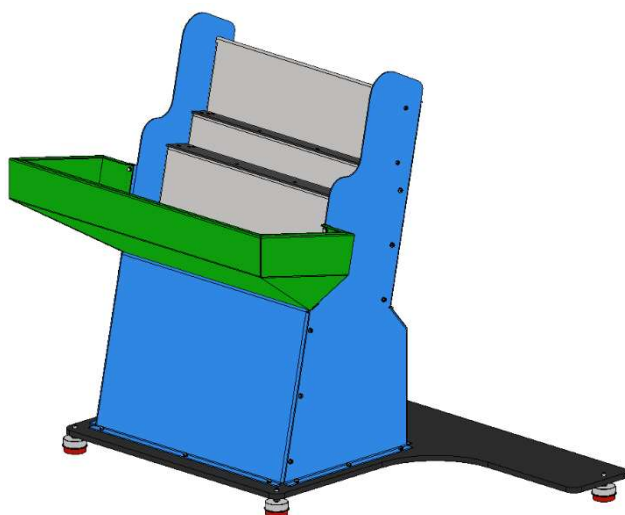


## 4 KONSTRUKCE VYBRANÉHO ŘEŠENÍ

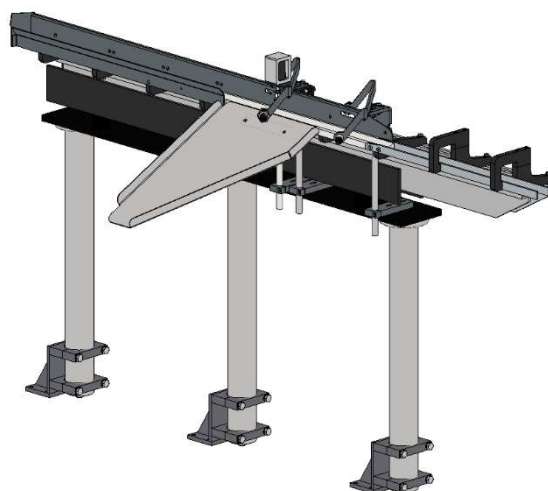
Tato kapitola je věnována rozboru konstrukčního návrhu zvoleného řešení, k jehož vizualizaci byl použit software Autodesk Inventor.



Obr. 16) Model navrženého řešení



Obr. 17) Deskový dopravník



Obr. 18) Vibrační podavač

## 4.1 Hlavní konstrukční prvky

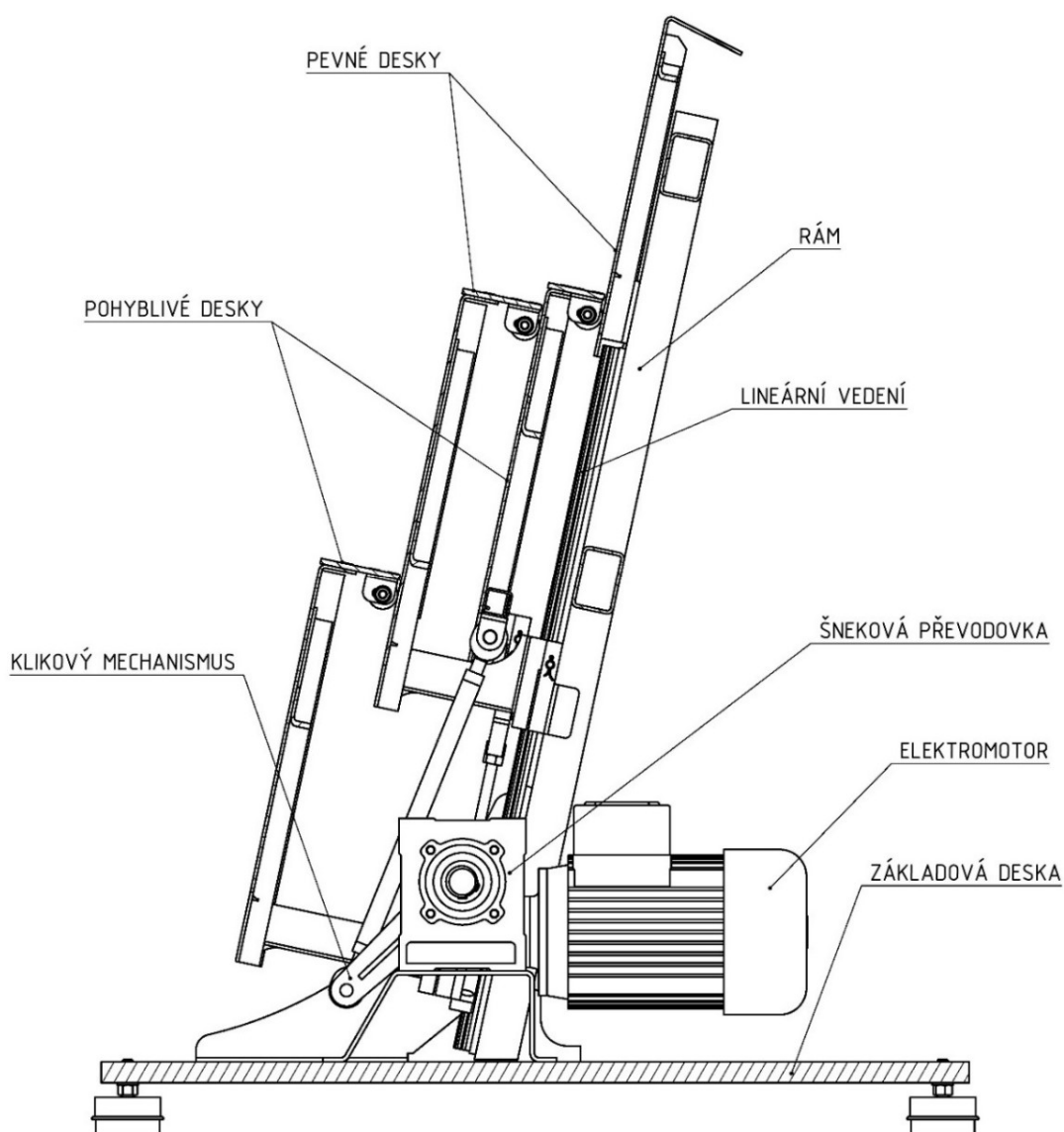
### Deskový dopravník

- Rám
- Dopravní desky
- Lineární vedení
- Klikový mechanismus
- Šneková převodovka
- Elektromotor

### Lineární podavač

- Dopravní dráha
- Separace dopravovaných součástí
- Elektromagnetický vibrační zdroj
- Oddělovač dopravovaných součástí
- Optické senzory

## 4.2 Konstrukce deskového dopravníku



Obr. 19) Řez deskovým dopravníkem

#### 4.2.1 Rám a základová deska

Rám deskového dopravníku je svařen z jeklu 60x40x3 mm. Na rámu je navařena plochá ocel, na které se následně obráběním vytvoří rovná plocha a díry se závity, které budou složité pro upevnění lineárního vedení. Rám je na základové desce upevněn přes navařenou zadní výztuhu a přední výztuhu ohýbanou z plechu.



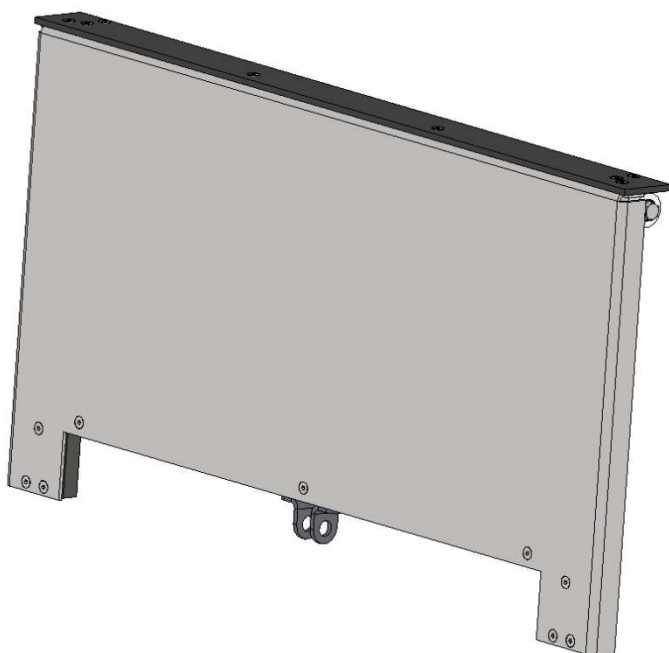
Obr. 20) Rám a základová deska

Základová deska je tvořena výpalkem z plechu tl.15 mm ke které jsou připevněny antivibrační nohy umožňující nastavení výšky, a tedy stabilní umístění stroje. K základové desce je šrouby připojen rám a podstavec pod šnekovou převodovku. Vzhledem ke konstrukci ojnice, která bude v následující části práce představena, není nutné přesné uložení převodovky, z toho důvodu je podstavec převodovky tvořen ohýbaným plechem.

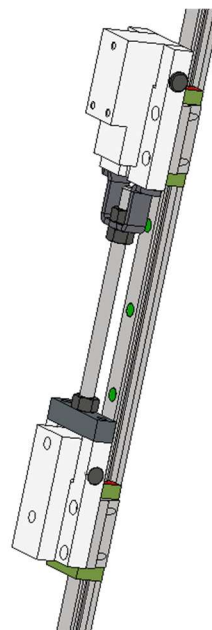


#### 4.2.2 Dopravní desky

Základ desky je tvořen nerezovým plechem, který je ohraněn pro zajištění dostatečné tuhosti. Na horním ohybu je připevněna lišta z tvrzeného PVC, která tvoří plochu pro vynášení dopravovaných součástí. Jednotlivé desky jsou o sebe opřeny přes rolly umístěné na horní liště a potřebná přitlačná síla je zajištěna pružinami v držáku desky. Držáky pohyblivých desek jsou mezi sebou spřaženy závitovou tyčí pro možnost seřízení vzdálenosti.

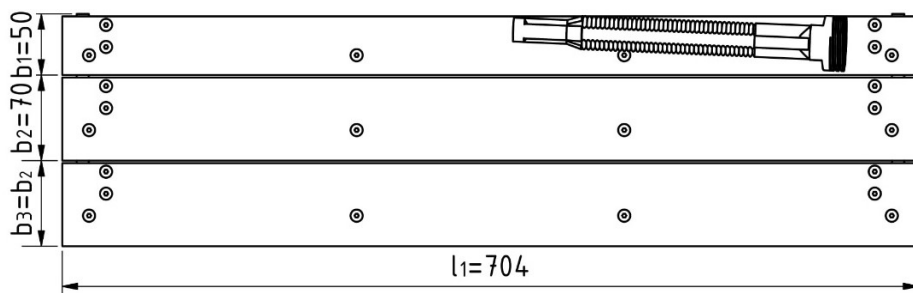


Obr. 21) Dopravní deska



Obr. 22) Držáky desek

Při volbě délky desky  $l_1$  byla brána v úvahu kusová výkonost na další operaci. Pro zajištění přísunu součástí tak, aby nevznikaly prostoje na další operaci bude dostatečné, když deskový dopravník dopraví na vibrační dopravník alespoň jeden kus za cyklus. Pro zajištění vysoké pravděpodobnosti nabrání alespoň jedné nálevky byla zvolena šířka desky  $l_1$  přibližně 2.5 násobek délky součástí. Šířka vrchní pohyblivé desky  $b_1$  umožňuje překrytí součástí užšími konci, což nečiní problém vzhledem k tomu, že na dráze vibračního dopravníku dochází k osamostatnění kusu. Šířka desek  $b_2$  a  $b_3$  byla zvolena širší pro snížení pravděpodobnosti nenabrání žádného kusu už na dolní desce, což by se promítlo i na horní pohyblivé desce a na celkovém výkonu.

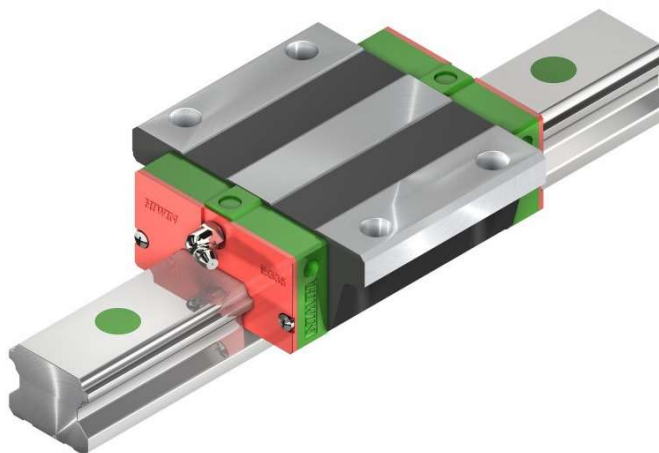


Obr. 23) Dopravní desky



### 4.2.3 Lineární vedení

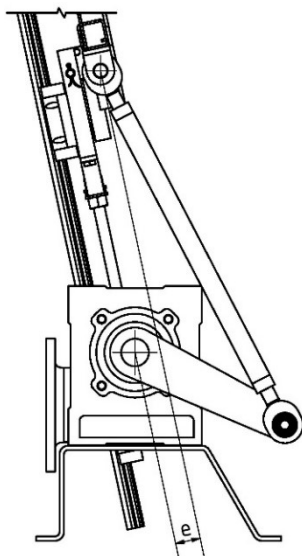
Vedení pohyblivých desek urazí v provozu velkou vzdálenost, avšak s velmi nízkým zatížením. S tímto ohledem byly zvoleny kuličkové vozíky EGW 15 SC, které mají nižší dynamickou únosnost, v kombinaci s kolejnici EGR15R.[20] Vodící kolejnice jsou upevněny k rámu na obrobene ploše pomocí zápusťných šroubů.



Obr. 24) Lineární kuličkové vedení[21]

### 4.2.4 Klikový mechanismus

Vzhledem k prostorovým možnostem bylo nutné navrhnout klikový mechanismus s excentricitou. Čepy ojnice mohou po smontování vykazovat velkou nesouosost, z toho důvodu byla vybrána z katalogu firmy SKF jako ojniční ložisko kloubová hlavice SAKB 14 F zajišťující kompenzaci nesouososti.[22] Kloubová hlavice je rovněž vhodným řešením vzhledem k tomu, že umožňuje přesné nastavení celkové délky ojnice.



Obr. 25) Klikový mechanismus



Obr. 26) Kloubová hlavice SKF[23]

#### 4.2.5 Šneková převodovka

Vhodná převodovka byla vybrána v katalogu výrobce TRANSTECNO pod označením CM050 s montážní přírubou motoru B5/B14. Tato převodovka je naplněna syntetickým olejem s dlouhou životností, díky tomu nevyžaduje údržbu a lze ji montovat v libovolné poloze.[24]



Obr. 27) Šneková převodovka CM050[24]

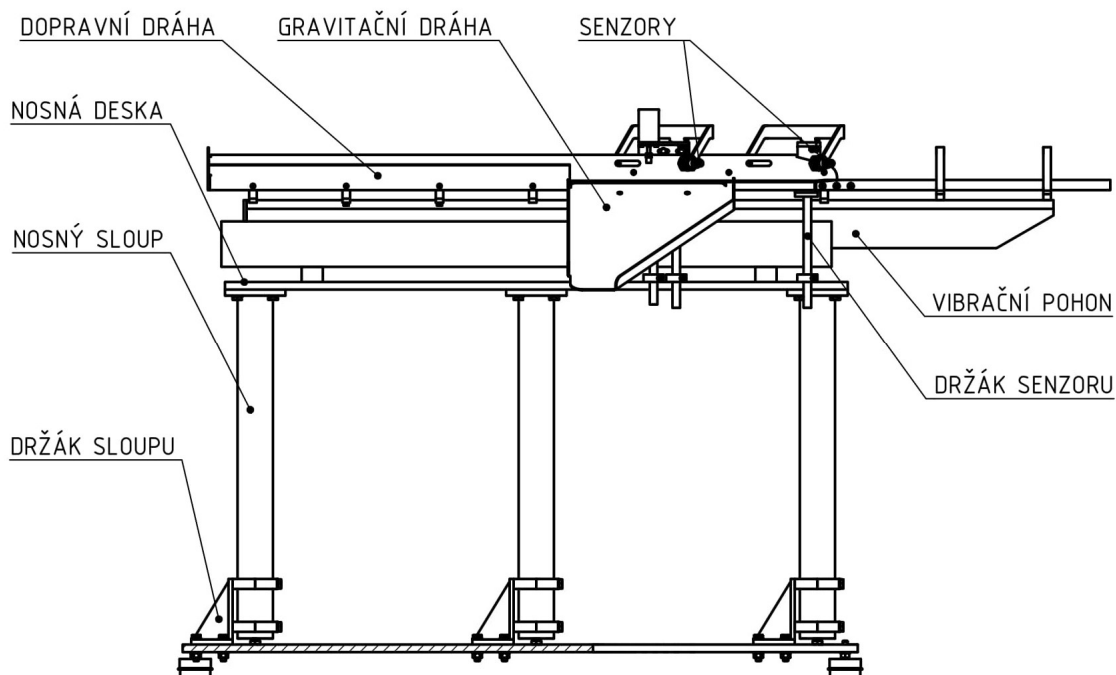
#### 4.2.6 Elektromotor

Z katalogu výrobce RAVEO byl zvolen třífázový, šestipólový, asynchronní elektromotor RMS8016 s přírubovým provedením B14, který je kompatibilní se šnekovou převodovkou CM050.[25]



Obr. 28) Třífázový asynchronní elektromotor RMS[25]

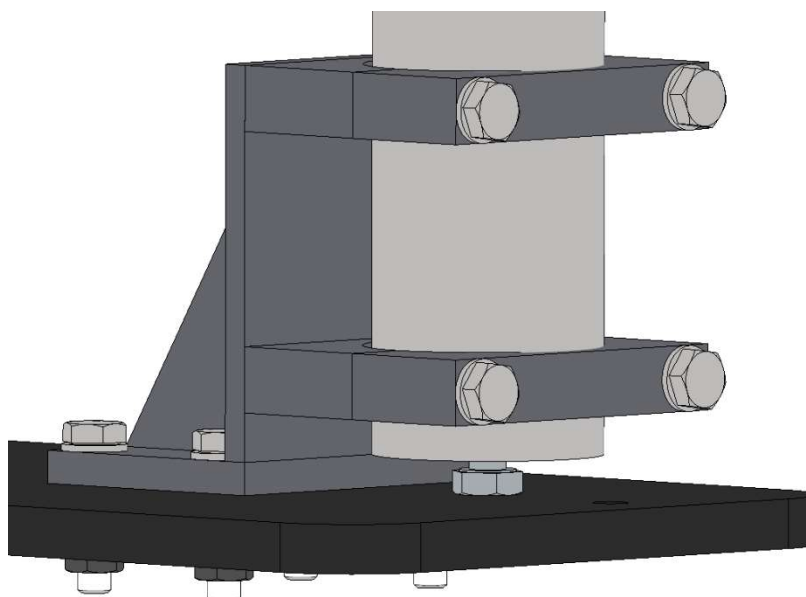
### 4.3 Konstrukce vibračního podavače



Obr. 29) Vibrační podavač

#### 4.3.1 Držák nosného sloupu

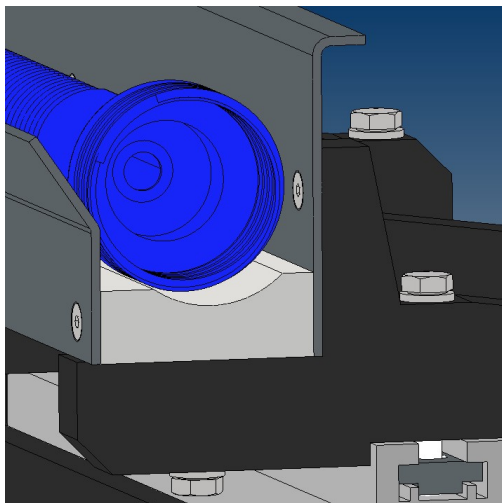
Držák sloupu je tvořen svařencem výpalků z plechu, který zajišťuje dostatečnou tuhost konstrukce pro vibrační zdroj. Nosný sloup je tvořen svařovanou konstrukční trubkou a je připevněn šrouby přes objímku. Při montáži je možné sladit výšku s deskovým dopravníkem pomocí šroubu ve víku nosného sloupu.



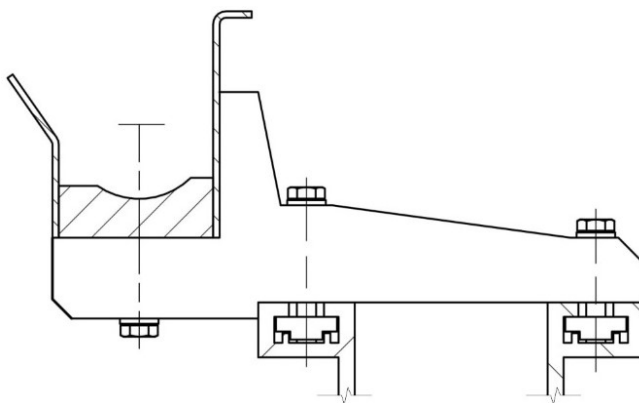
Obr. 30) Držák nosného sloupu

### 4.3.2 Dopravní dráha

Po dopravení nálevky na vibrační podavač je nejprve nutné zajistit odvod součástí mimo deskový dopravník. Nálevky jsou přepravovány dráhou s profilem na Obr.) 31.



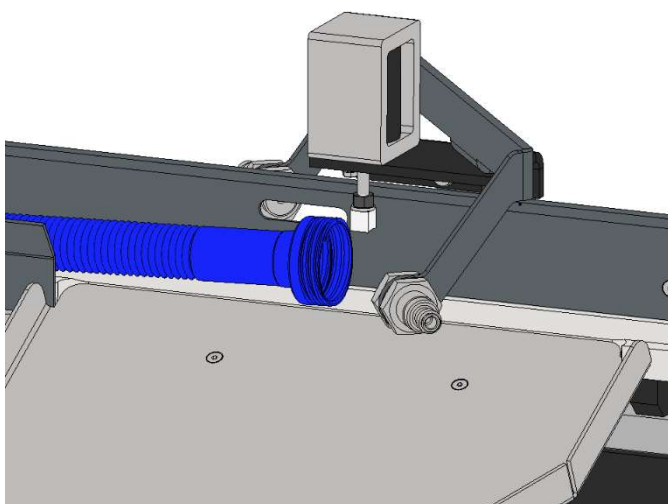
Obr. 31) Řez dopravní dráhou



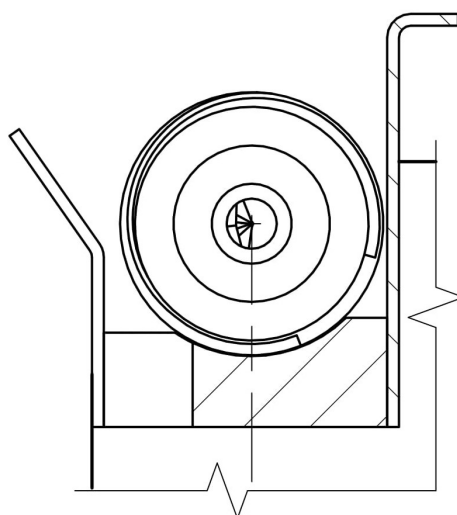
Obr. 32) Dráha vibračního dopravníku

### 4.3.3 Separace dopravovaných součástí

Pro následné spolehlivé sklopení je potřeba, aby nálevky byly podávány jednotlivě za sebou. Z tohoto důvodu je dopravní dráha v tomto úseku zúžena tak, že se součásti nemohou v příčném směru překrývat ani úzkými konci. Nálevka, která je nesprávně orientována, opouští dráhu vibračního podavače a po gravitační skluzové dráze se vrací zpět do násypky.



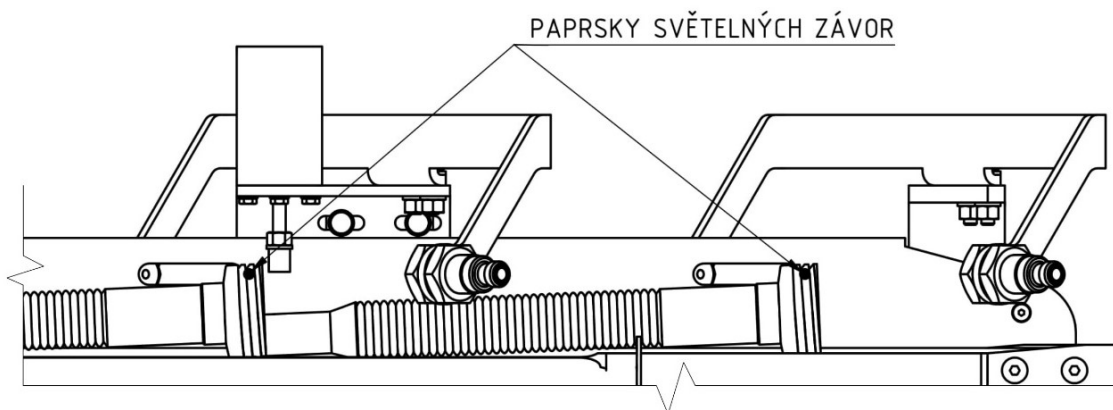
Obr. 33) Separace dopravovaných součástí



Obr. 34) Řez zúženou dráhou

#### 4.3.4 Osamostatnění dopravovaných součástí

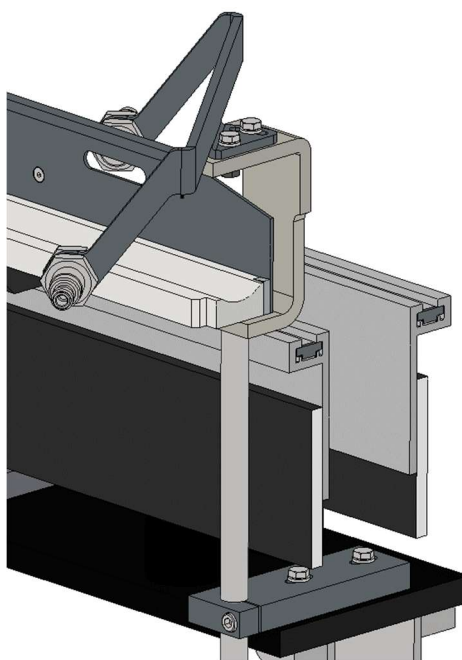
Při dopravě zadaných součástí je potřeba vzít v úvahu možnost zasunutí úzkého konce nálevky do hrdla druhé nálevky, což by mohlo bránit ve sklopení do vertikální polohy. Z tohoto důvodu je zde navržen lineární elektromagnet, který spustí zárazku v případě, že oba paprsky optických senzorů, které jsou zaměřeny na hrdla nálevek, budou přerušeny. Po posunutí první nálevky mimo paprsek a rozdělení součástí zvedne elektromagnet s časovým zpožděním zárazku. Paprsky světelných závor jsou umístěny šikmo a přestavitelně pro možnost nastavení různé délky dráhy, na které je paprsek přerušen. Větší úhel zajistí, že se nálevka musí posunout o větší dráhu, aby došlo k obnovení průchodu paprsku.



Obr. 35) Oddělovač součástí

#### 4.3.5 Držák senzoru

Držáky senzorů jsou spojeny se základovou deskou pomocí šroubů v drážkách, kde po jejich uvolnění lze držák nastavovat v příčném směru. Výšku lze nastavit po uvolnění zápuštění šroubu, pomocí kterého je sevřena tyč držáku. V horní části lze měnit úhel sklonu paprsků.



Obr. 36) Držák senzoru

#### 4.3.6 Světelné závory

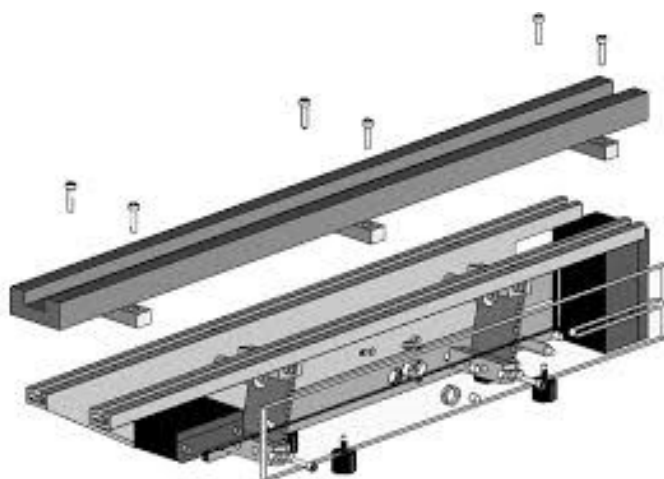
Pro snímání součástí byly vybrány optické senzory typu M18 pro průmyslovou automatizaci od výrobce ifm electronic. Jednocestná světelná závora se skládá z vysílače OGS200 a přijímače OGE200. Přijímací senzor spíná výstup na „tmu“, tedy při přerušení světelného paprsku.[26, 27]



Obr. 37) Optické senzory-typ M18[28]

#### 4.3.7 Vibrační zdroj

Vzhledem k celkové délce dopravní dráhy byl vybrán elektromagnetický vibrační zdroj SLL 804-1600 s délkou upínacích lišt 1600 mm od výrobce RNA Automation. Tento vibrační pohon je dostatečný i z hlediska celkového zatížení, které je maximálně 39 kg.[17] Navržená dráha vibračního podavače má hmotnost 11.5 kg.



Obr. 38) Elektromagnetický vibrační pohon SLL[17]

## 5 VÝPOČTOVÁ ZPRÁVA

### 5.1 Výpočet otáček elektromotoru

Součástí se za dobu jednoho cyklu deskového dopravníku musí posunout na dráze vibračního podavače o šířku desky. Výpočet vychází z uvažování maximální rychlosti vibračního podavače, případnou regulací se otáčky elektromotoru budou snižovat.

#### Doba cyklu deskového dopravníku

Znamé parametry: Šířka desky  $l_1 = 708 \text{ mm}$

Rychlost vibračního podavače  $v_{max} = 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$t_1 = \frac{l_1}{v_{max}} = \frac{60 \cdot 0.708}{20} = 2.1 \text{ s} \quad (5.1)$$

#### Výstupní otáčky převodovky

Znamé parametry: Doba cyklu  $t_1 = 2.1 \text{ s}$

$$n_2 = \frac{1}{t_1} \cdot 60 = 28.2 \text{ min}^{-1} \quad (5.2)$$

#### Otáčky elektromotoru

Znamé parametry: Převodový poměr  $i = 30$

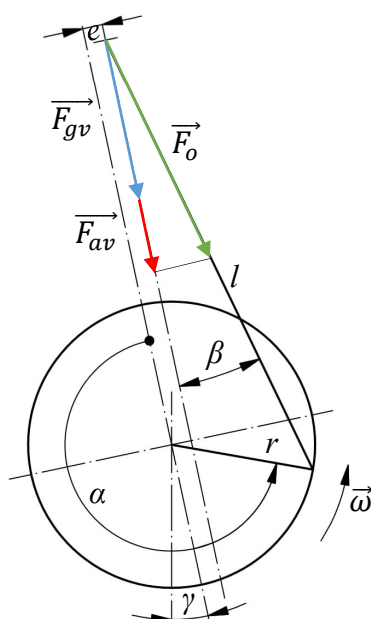
Výstupní otáčky  $n_2 = 28.2 \text{ min}^{-1}$

$$n_1 = i \cdot n_2 = 847 \text{ min}^{-1} \quad (5.3)$$

Z katalogu výrobce RAVEO byl zvolen elektromotor se jmenovitými otáčkami  $950 \text{ min}^{-1}$ .

## 5.2 Výpočet sil v klikovém mechanismu

Pro následující výpočty je třeba stanovit síly, které v mechanismu vznikají.



Obr. 39) Schéma klikového excentrického mechanismu

Vztahy pro výpočet zrychlení v mechanismu jsou převzaty ze zdroje [29]

Znamé parametry: Délka ojnice  $l = 360 \text{ mm}$

Délka kliky  $r = 150 \text{ mm}$

Excentricita  $e = -22.6 \text{ mm}$

Úhel sklonu mechanismu  $\gamma = 12^\circ$

Celková hmotnost posouvajících se součástí  $m = 23.5 \text{ kg}$

Úhlová rychlost kliky  $\omega_1 = 3.32 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

### Zrychlení desky v závislosti na úhlu natočení kliky

Klikový poměr:

$$\lambda = \frac{r}{l} = 0.416 \quad (5.4)$$

Excentrický poměr:

$$\lambda_e = \frac{e}{l} = -0.063 \quad (5.5)$$

Dráha desky:

$$s_d = \sqrt{l^2 + r^2 - e^2} - r \cdot \left[ \frac{1}{\lambda} + \cos \alpha - \frac{\lambda}{4} \cdot (1 - \cos 2\alpha) + \lambda_e \cdot \sin \alpha \right] \quad (5.6)$$

kde  $\alpha$  vyjadřuje úhel natočení kliky.



Rychlost desky:

$$v_d = \frac{ds_d}{dt} = \frac{ds_d}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \omega \cdot \frac{ds_d}{d\alpha} = r \cdot \omega \cdot \left( \sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin 2\alpha - \lambda_e \cdot \cos \alpha \right) \quad (5.7)$$

Zrychlení desky:

$$a_d = \omega \cdot \frac{dv_d}{d\alpha} = r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha + \lambda_e \cdot \sin \alpha) \quad (5.8)$$

### Výpočet výsledné síly v ojnici

Výslednice sil se bude skládat z gravitační síly a síly od zrychlení desky, které vzniká v mechanismu v průběhu chodu. Ostatní síly jsou zanedbány.

Síla od zrychlení v ose vedení (v průběhu otáčení mění svou orientaci)

$$F_{av} = m \cdot a_d = m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha + \lambda_e \cdot \sin \alpha) \quad (5.9)$$

Gravitační síla v ose vedení

$$F_{gv} = m \cdot g \cdot \cos \gamma \quad (5.10)$$

Výsledná síla ve směru vedení

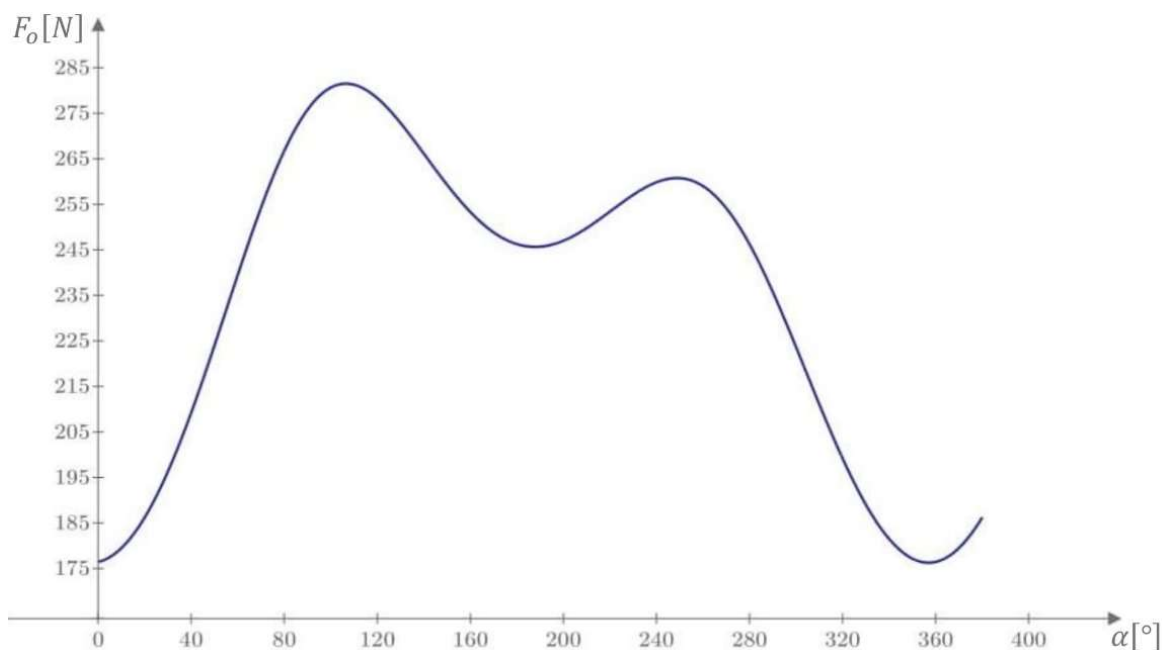
$$F_v = F_{gv} - F_{av} \quad (5.11)$$

Úhel odklonu ojnice od osy vedení

$$\beta = \arcsin(\lambda \cdot \sin \alpha - \lambda_e) \quad (5.12)$$

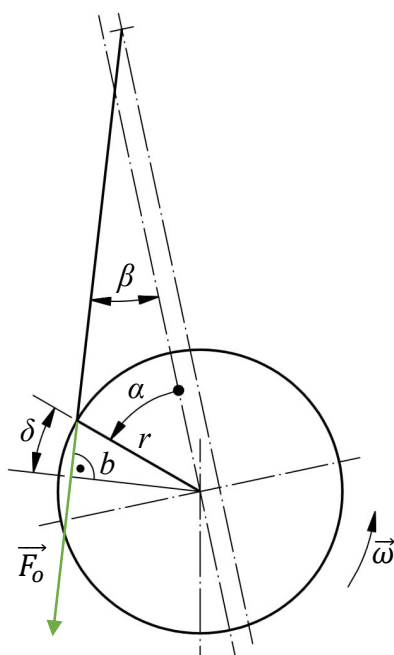
Výsledná velikost síly působící v ojnici

$$F_o = \frac{F_v}{\cos \beta} \quad (5.13)$$



Obr. 40) Graf síly v ojnici v průběhu otáčení

## Výpočet kroutícího momentu na klice



Obr. 41) Schéma pro výpočet momentu

Velikost úhlu  $\delta$

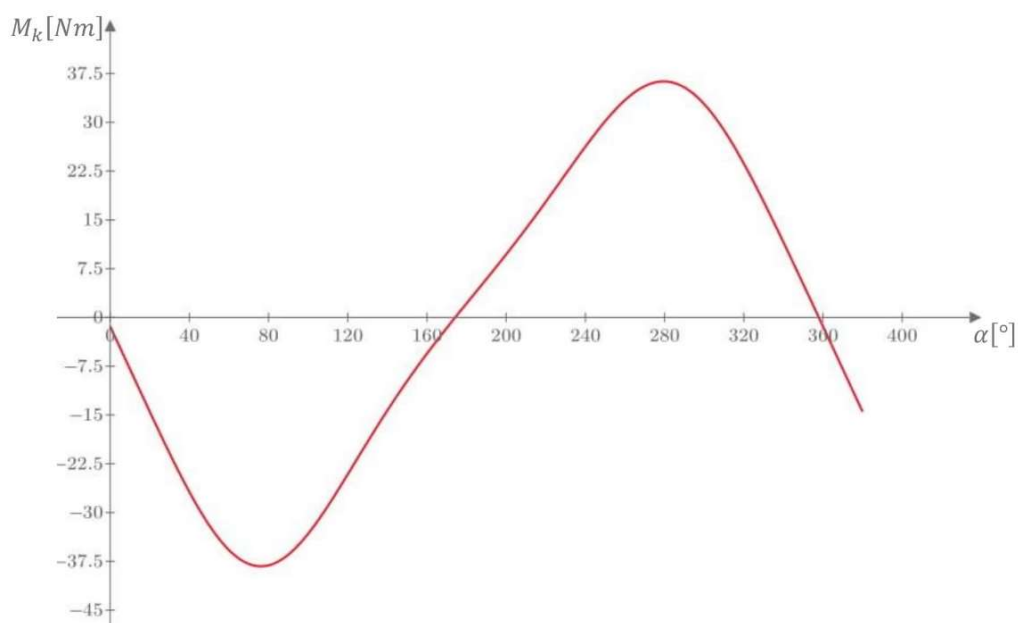
$$\delta = 180 - 90 - \beta - \alpha = 90 - \alpha - \beta \quad (5.14)$$

Rameno síly

$$b = r \cdot \cos \delta \quad (5.15)$$

Kroutící moment na klice (orientace je vztažena vzhledem ke směru momentu elektromotoru)

$$M_k = -F_o \cdot b \quad (5.16)$$



Obr. 42) Graf momentu na klice v průběhu otáčení

### 5.3 Výpočet výkonu elektromotoru

Znamé parametry: Maximální výstupní kroutící moment  $M_{kmax} = 38 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Úhlová rychlost kliky  $\omega_1 = 3.32 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$

Účinnost šnekové převodovky  $\mu_p = 0.68$  [30]

Minimální výkon elektromotoru

$$P_{min} = \frac{M_{kmax} \cdot \omega_1}{\mu_p} = 185.3 \text{ W} \quad (5.17)$$

Dle katalogu výrobce RAVEO byl vybrán elektromotor s výkonem 370 W.

### 5.4 Výpočet životnosti ojnicního ložiska

Následující výpočet životnosti ložiska SAKB 14 F byl proveden dle katalogu výrobce SKF [22]

Znamé parametry: Základní dynamická únosnost  $C = 17 \text{ kN}$

Součinitel měrného dynamického zatížení  $K = 50 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

Ekvivalentní zatížení ložiska  $P = 0.285 \text{ kN}$

Střední průměr vnitřního kroužku ložiska  $d_m = 25.4 \text{ mm}$

Frekvence otáčení  $f = 28.2 \text{ min}^{-1}$

Polovina úhlu oscilace  $\beta_1$  (pro rotaci  $\beta_1 = 90$ )

Materiálová konstanta  $K_M = 530$

Specifické zatížení ložiska

$$p = K \cdot \frac{P}{C} = 0.838 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (5.18)$$

Skluzová rychlost

$$v = 5.82 \cdot 10^{-7} \cdot d_m \cdot \beta \cdot f = 0.034 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5.19)$$

Dle katalogu výrobce byly voleny koeficienty zatížení, teploty a skluzu  $b_1 = b_2 = b_3 = 1$

Životnost ložiska

$$G_h = b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot \frac{K_M}{p \cdot v} = 18596 \text{ h} \quad (5.20)$$

Tato životnost by při uvažování dvousměnného provozu odpovídala přibližně 4.6 roků.



## 6 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout a konstrukčně zpracovat zařízení pro orientování a podávání zadaných součástí. První část byla věnována rešerši současného stavu poznání u dané problematiky, s jejíž pomocí byly navrženy možné koncepční varianty řešení. Na základě zhodnocení variant byl vybrán konkrétní návrh, který nejlépe vyhovuje požadavkům zadání a který byl následně zpracován do podoby konstrukčního řešení – 3D modelu. V další části práce jsou uvedeny výpočty důležitých součástí konstrukčního řešení.

Navržené zařízení se skládá ze dvou hlavních částí: deskového dopravníku a lineárního vibračního podavače. Deskový dopravník by měl pracovat s frekvencí  $f < 2s$  a jeho úkolem je orientovat dopravované součásti po délce a zamezit přísunu většího počtu kusů na dráhu lineárního vibračního podavače. Na lineárním vibračním podavači dojde k osamostatnění součástí, které je nutné pro následné bezproblémové sklopení nálevek do požadované vertikální polohy. Navržené zařízení splňuje všechny požadavky zadání.



## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X.
- [2] *Feeding and handling: Linear feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/linear-feeders/>
- [3] *Produkte* [online]. Spaichingen: Grimm Zuführtechnik, c2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.grimm-automatisierung.de/Produkte-91324.html>
- [4] *Information* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/datasheets/>
- [5] *Feeding and handling: Bowl feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/bowl-feeders/>
- [6] *Vibratory bowl feeders* [online]. Oldsmar: Performance Feeders, c2015 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://performancefeeders.com/performance-feeders-news/vibratory-bowl-feeders-for-automated-assembly>
- [7] *Vibratory bowl feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/Vibratory-Bowl-Feeders.pdf>
- [8] *Linear feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation, 2014 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/VT-BA-SLL\\_SLF-GB.pdf](http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/VT-BA-SLL_SLF-GB.pdf)
- [9] *Vibratory bowl feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation, 2014 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/VT-BA-SRC63-100-GB.pdf>
- [10] *Conveyors* [online]. Syracuse: RoboShop, c2016 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://roboshopinc.com/conveyors.php>
- [11] *Conveyors: How it works* [online]. Syracuse: RoboShop, c2016 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://roboshopinc.com/conveyors\\_how\\_it\\_works.php](https://roboshopinc.com/conveyors_how_it_works.php)
- [12] *Vibratory part feeders* [online]. Syracuse: RoboShop, c2016 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://roboshopinc.com/accumulators\\_buffers\\_partfeeder.php](https://roboshopinc.com/accumulators_buffers_partfeeder.php)
- [13] *Deskové dopravníky* [online]. Hlubyně: Deskové dopravníky [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.deskovedopravniky.cz/deskove-dopravniky.html>
- [14] *Feeding and handling: Step feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/step-feeders/>

- [15] *Feeding and handling: Centrifugal feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/centrifugal-feeders/>
- [16] *Centrifugal feeders* [online]. Shibuya hoppmann [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.shibuyahoppmann.com/our-products/standard-products/hoppmann-centrifugal-feeders/>
- [17] *Linear feeders* [online]. Birmingham: RNA Automation [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.rnaautomation.com/wp-content/uploads/2016/04/Linear-Feeders.pdf>
- [18] *Feeding systems: Step feeder* [online]. Wolfratshausen: WEBER Schraubautomaten [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.weber-online.com/en/feeding-systems/step-feeder-zel/>
- [19] *Step feeders* [online]. Rochester: CDS Manufacturing, c2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.cdsmanufacturing.com/step-feeders/>
- [20] *Kolejnice EGR* [online]. Brno: Hiwin [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/25\\_kolejnice-egr-typu-r](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/25_kolejnice-egr-typu-r)
- [21] *Vozík EGW* [online]. Brno: Hiwin [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/24\\_vozik-egw](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg-qe/24_vozik-egw)
- [22] *SKF spherical plain bearings and rod ends* [online]. Göteborg: SKF [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: [https://www.skf.com/binary/151-122020/0901d19680154a05-6116\\_1-EN.pdf](https://www.skf.com/binary/151-122020/0901d19680154a05-6116_1-EN.pdf)
- [23] *SAKB 18 F SKF*. Exvalos [online]. Lanškroun: ABRA Software, c2018 [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://e-shop.exvalos.cz/sakb-18-f-skf/>
- [24] *ŠNEKOVÉ PŘEVODOVKY* [online]. Otrokovice: RAVEO [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/snekove-prevodovky-CM>
- [25] *TŘÍFÁZOVÉ ASYNCHRONNÍ MOTORY* [online]. Otrokovice: RAVEO [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <https://www.raveo.cz/AC-motory-trifazove-6-polove-RAVEO>
- [26] *OGE200: Jednocestná světelná závora* [online]. Bratislava: ifm electronic, c2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/OGE200>
- [27] *OGS200: Jednocestná světelná závora* [online]. Bratislava: ifm electronic, c2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.ifm.com/cz/cs/product/OGS200>
- [28] *Optoelektronické senzory* [online]. Bratislava: ifm electronic, c2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: [https://www.ifm.com/cz/cs/category/010/010\\_050/010\\_050\\_010#!S/BD/DM/1/D/0/F/0/T/24](https://www.ifm.com/cz/cs/category/010/010_050/010_050_010#!S/BD/DM/1/D/0/F/0/T/24)
- [29] DUCHEČEK, M. *Čtyřválcový řadový vznětový motor s excentrickým klikovým mechanismem pro užitková vozidla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 63 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
- [30] *Transtecno: CM-CMP-worm gearmotors* [online]. Otrokovice: RAVEO [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: [https://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2019/04/transtecno\\_cm-cmp\\_worm\\_garmotors\\_2018\\_en\\_v1018a.pdf](https://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2019/04/transtecno_cm-cmp_worm_garmotors_2018_en_v1018a.pdf)



## 8 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 8.1 Seznam tabulek

TAB. 1) ZHODNOCENÍ KRITÉRIÍ .....	27
-----------------------------------	----

### 8.2 Seznam obrázků

OBR. 1) DOPRAVOVANÁ SOUČÁST .....	15
OBR. 2) GRAF KMITÁNÍ ŽLABU[1] .....	17
OBR. 3) LINEÁRNÍ VIBRAČNÍ DOPRAVNÍK[3] .....	18
OBR. 4) KRUHOVÝ VIBRAČNÍ DOPRAVNÍK[6] .....	19
OBR. 5) TYPY KRUHOVÝCH ZÁSOBNÍKŮ[7] .....	20
OBR. 6) STŘEDOVÉ KRYTY KRUHOVÝCH ZÁSOBNÍKŮ[7].....	20
OBR. 7) LINEÁRNÍ VIBRAČNÍ ZDROJ .....	21
OBR. 8) KRUHOVÝ ELEKTROMAGNETICKÝ ZDROJ .....	21
OBR. 9) POVRCH DOPRAVNÍ DRÁHY[11] .....	22
OBR. 10) PODAVAČ SOUČÁSTÍ[12] .....	22
OBR. 11) DESKOVÝ DOPRAVNÍK[14] .....	23
OBR. 12) ODSŤŘEDIVÝ PODAVAČ[16] .....	24
OBR. 13) KRUHOVÝ A LINEÁRNÍ PODAVAČ[17] .....	25
OBR. 14) DESKOVÝ DOPRAVNÍK S LINEÁRNÍM PODAVAČEM[18] .....	26
OBR. 15) DESKOVÝ DOPRAVNÍK S PÁSOVÝM DOPRAVNÍKEM[19].....	26
OBR. 16) MODEL NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	29
OBR. 17) DESKOVÝ DOPRAVNÍK .....	29
OBR. 18) VIBRAČNÍ PODAVAČ .....	29
OBR. 19) ŘEZ DESKOVÝM DOPRAVNÍKEM.....	30
OBR. 20) RÁM A ZÁKLADOVÁ DESKA .....	31
OBR. 22) DRŽÁKY DESEK.....	32
OBR. 21) DOPRAVNÍ DESKA .....	32
OBR. 23) DOPRAVNÍ DESKY .....	32
OBR. 24) LINEÁRNÍ KULIČKOVÉ VEDENÍ[21] .....	33
OBR. 25) KLIKOVÝ MECHANISMUS .....	33
OBR. 26) KLOUBOVÁ HLAVICE SKF[23] .....	33
OBR. 27) ŠNEKOVÁ PŘEVODOVKA CM050[24].....	34
OBR. 28) TŘÍFÁZOVÝ ASYNCHRONNÍ ELEKTROMOTOR RMS[25] .....	34
OBR. 29) VIBRAČNÍ PODAVAČ .....	35
OBR. 30) DRŽÁK NOSNÉHO SLOUPU .....	35
OBR. 31) ŘEZ DOPRAVNÍ DRÁHOU .....	36
OBR. 32) DRÁHA VIBRAČNÍHO DOPRAVNÍKU .....	36
OBR. 33) SEPARACE DOPRAVOVANÝCH SOUČÁSTÍ.....	36
OBR. 34) ŘEZ ZÚŽENOU DRÁHOU.....	36
OBR. 35) ODDĚLOVAČ SOUČÁSTÍ.....	37
OBR. 36) DRŽÁK SENZORU .....	37
OBR. 37) OPTICKÉ SENZORY-TYP M18[28].....	38
OBR. 38) ELEKTROMAGNETICKÝ VIBRAČNÍ POHON SLL[17] .....	38

<b>OBR. 39) SCHÉMA KLIKOVÉHO EXCENTRICKÉHO MECHANISMU .....</b>	<b>40</b>
<b>OBR. 40) GRAF SÍLY V OJNICI V PRŮBĚHU OTÁČENÍ.....</b>	<b>41</b>
<b>OBR. 41) SCHÉMA PRO VÝPOČET MOMENTU .....</b>	<b>42</b>
<b>OBR. 42) GRAF MOMENTU NA KLICE V PRŮBĚHU OTÁČENÍ .....</b>	<b>42</b>

### 8.3 Seznam symbolů

Symbol veličiny	Název veličiny	Jednotka
$a$	Zrychlení dopravované součásti	$[m \cdot s^{-2}]$
$a_d$	Zrychlení desky	$[m \cdot s^{-2}]$
$b$	Rameno výsledné síly v ojnici	$[mm]$
$b_1$	Koeficient podmínek zátěže	$[-]$
$b_2$	Koeficient teploty	$[-]$
$b_3$	Koeficient skluzu	$[-]$
$C$	Základní dynamická únosnost	$[kN]$
$e$	Excentricita	$[mm]$
$f$	Frekvence	$[s]$
$F_{av}$	Síla od zrychlení v ose vedení	$[N]$
$F_{gv}$	Gravitační síla v ose vedení	$[N]$
$F_o$	Výsledná síla v ojnici	$[N]$
$F_v$	Výsledná síla v ose vedení	$[N]$
$g$	Gravitační zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
$G_h$	Životnost ložiska	$[h]$
$i$	Převodový poměr šnekové převodovky	$[-]$
$K$	Součinitel měrného dynamického zatížení	$[N \cdot mm^{-2}]$
$K_M$	Materiálová konstanta	$[-]$
$l$	Délka ojnice	$[mm]$
$l_1$	Šířka desky	$[mm]$
$m$	Celková hmotnost posouvajících se součástí	$[kg]$
$M_k$	Kroutící moment na klice	$[N \cdot m]$
$M_{kmax}$	Maximální kroutící moment na klice	$[N \cdot m]$
$n_1$	Vstupní otáčky převodovky	$[min^{-1}]$
$n_2$	Výstupní otáčky převodovky	$[min^{-1}]$
$p$	Specifické zatížení ložiska	$[N \cdot mm^{-2}]$
$P$	Ekvivalentní zatížení ložiska	$[kN]$
$P_{min}$	Minimální výkon elektromotoru	$[W]$
$r$	Délka kliky	$[mm]$
$s_d$	Dráha desky	$[mm]$
$t$	Čas	$[s]$

$t_1$	Doba cyklu deskového dopravníku	[s]
$v$	Skluzová rychlost	$[m \cdot s^{-1}]$
$v_d$	Rychlost desky	$[m \cdot s^{-1}]$
$v_{max}$	Maximální rychlost vibračního podavače	$[m \cdot s]$
$y$	Amplituda	[mm]
$\alpha$	Úhel natočení kliky	[°]
$\beta$	Úhel odklonu ojnice od osy vedení	[°]
$\beta_1$	Polovina úhlu oscilace	[°]
$\gamma$	Úhel sklonu mechanismu	[°]
$\delta$	Pomocný úhel	[°]
$\lambda$	Klikový poměr	[–]
$\lambda_e$	Excentrický poměr	[–]
$\mu_p$	Účinnost šnekové převodovky	[–]
$\omega_1$	Úhlová rychlost kliky	$[rad \cdot s^{-1}]$

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

Druh dokumentu	Název výkresu	Číslo výkresu
Výkres sestavení	Podávací zařízení	19-A0-S-23
Výkres sestavení	Držák desky-1	19-A3-S-07
Seznam položek	Držák desky-1	19-A3-S-07
Výkres součásti	Úchyt vozíku	19-A4-P-21
Výkres součásti	Úchyt ramene	19-A3-P-22